

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

JP 00/6037

4

日本国特許庁

PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

PCT/JP 00/06037

06.09.00

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日
Date of Application:

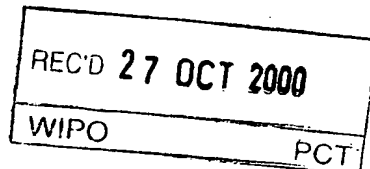
1999年 9月 8日

出願番号
Application Number:

平成11年特許願第254448号

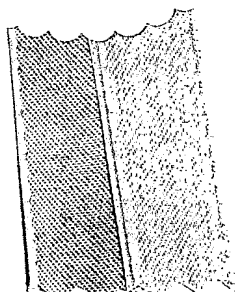
出願人
Applicant(s):

オリンパス光学工業株式会社



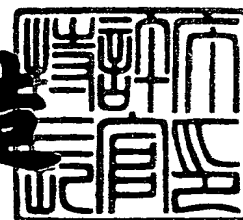
**PRIORITY
DOCUMENT**
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

2000年10月13日



特許庁長官
Commissioner,
Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2000-3083147

【書類名】 特許願

【整理番号】 99P00674

【提出日】 平成11年 9月 8日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G02B 23/24

【発明者】

【住所又は居所】 東京都渋谷区幡ヶ谷 2 丁目 4 3 番 2 号
オリンパス光学工業株式会社内

【氏名】 本間 博之

【発明者】

【住所又は居所】 東京都渋谷区幡ヶ谷 2 丁目 4 3 番 2 号
オリンパス光学工業株式会社内

【氏名】 金野 さやか

【特許出願人】

【識別番号】 000000376

【氏名又は名称】 オリンパス光学工業株式会社

【代理人】

【識別番号】 100097777

【弁理士】

【氏名又は名称】 荏澤 弘

【選任した代理人】

【識別番号】 100088041

【弁理士】

【氏名又は名称】 阿部 龍吉

【選任した代理人】

【識別番号】 100092495

【弁理士】

【氏名又は名称】 蛭川 昌信

【選任した代理人】

【識別番号】 100092509

【弁理士】

【氏名又は名称】 白井博樹

【選任した代理人】

【識別番号】 100095120

【弁理士】

【氏名又は名称】 内田亘彦

【選任した代理人】

【識別番号】 100095980

【弁理士】

【氏名又は名称】 菅井英雄

【選任した代理人】

【識別番号】 100094787

【弁理士】

【氏名又は名称】 青木健二

【選任した代理人】

【識別番号】 100091971

【弁理士】

【氏名又は名称】 米澤 明

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 014960

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9102411

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 撮像光学系

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 モニタ走査線に対して水平方向の画素ピッチ H と垂直方向の画素ピッチ V の平均画素ピッチ $(H + V) / 2$ が $6 \mu m$ 以下の高密度固体撮像素子を用いた撮像装置の撮影光学系において、対物光学系の最も物体側の光学素子としてヌープ硬さが 800 以上の材質を用いたことを特徴とする撮像光学系。

【請求項 2】 モニタ走査線に対して水平方向の画素ピッチ H と垂直方向の画素ピッチ V の平均画素ピッチ $(H + V) / 2$ が $6 \mu m$ 以下の高密度固体撮像素子を用いた電子内視鏡の撮影光学系において、モニタ出力画像の中心から出力画像の端までの長さが最長な点とモニタ画像の中心を結んだ直線を基準とし、モニタ出力画像の中心を中心として、 $\pm 5^\circ$ 以内に含まれる範囲に相当する内視鏡先端には照明窓の中心が配置されておらず、また、対物窓中心と照明窓中心を結んだ線分上で対物窓の外周と交わる部分に略黒色の接着剤が盛られていることを特徴とする内視鏡光学系。

【請求項 3】 モニタ走査線に対して水平方向の画素ピッチ H と垂直方向の画素ピッチ V の平均画素ピッチ $(H + V) / 2$ が $6 \mu m$ 以下の高密度固体撮像素子を用いた電子内視鏡の撮影光学系において、対物光学系の最も物体側の光学素子とその像側方向直後の第 2 光学素子との間の空気層の体積 V_1 が、

$$V_1 < 4 \text{ mm}^3 \quad \dots (1)$$

を満たすことを特徴とする内視鏡光学系。

【請求項 4】 画素ピッチ $6 \mu m$ 以下の高密度固体撮像素子を用いた電子内視鏡光学系において、対物光学系の最も物体側の光学素子の物体側表面の対物光学系の光軸から視野内光線の最大光線高を h 、また、光軸から視野内光線の最大光線高方向における対物窓外周までの長さを ϕ 、 $\phi - h$ を Y としたとき、

$$1. \quad 0 \text{ mm} < \phi < 3.5 \text{ mm} \quad \dots (4)$$

$$0.12 \text{ mm} < Y < 0.6 \text{ mm} \quad \dots (5)$$

を満たすことを特徴とする内視鏡光学系。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、電子撮像素子に像を形成する撮像光学系に関し、特に、高密度固体撮像素子を用いた電子カメラ及び内視鏡において画質が乱れない良好な画像が得られる電子撮像光学系に関するものである。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

現在、挿入部を体腔内等に挿入し体腔内等を検診、治療する手段として、先端部に固体撮像素子を内蔵した電子内視鏡が広く用いられている。近年、画素ピッチの小型化により固体撮像素子の高密度化が進み、従来の $8\mu\text{m}$ 若しくはそれ以上の画素ピッチでは見ることのできなかった非常に細かい部分まで観察できる高画質な内視鏡が実現されている。その反面、従来では診断の妨げにならなかった対物光学素子のキズや欠けや異物の付着でも高分解能により見えることになり、そのため、微細なキズや欠けや異物の付着が診断の妨げとなり問題となる。

【0 0 0 3】

一方、内視鏡対物光学系において、光学系が大きくならずに、焦点距離が小さくなるか又はFナンバーが大きくなれば、固体撮像素子1画素内に入射する光束が細くなり、従来では問題とならなかった対物光学素子のキズや欠けや異物の付着でも診断の妨げとなり、問題となる。

【0 0 0 4】

上記のようなキズや欠けや異物の付着が対物光学素子内にあることで画質を乱す原因の中で、対物光学系の最も物体側の光学素子による3つの要因が頻繁に問題視される。

【0 0 0 5】

第1の要因は、内視鏡対物光学系の最も物体側の光学素子表面（以後、対物窓）のキズや欠けによる画質の劣化である。病院内等で内視鏡を持ち運ぶとき等に、誤ってぶつけて対物窓にキズや欠けが入ってしまうと、従来用いられている画素ピッチ $8\mu\text{m}$ 又はそれ以上のものでは診断に問題にならない微細なキズや欠けでも、画素ピッチ $6\mu\text{m}$ 以下のものでは、上記のように、画像が高分解能である

ためにそれらのキズや欠けによる光束の遮りが目立ち、診断の妨げとなり問題となる。また、小さい光学系において、焦点距離が 2. 2 mm 以下や F ナンバーが 3. 5 以上であるときも、上に記した理由により微細なキズや欠けが目立つ。また、この問題は、コンパクト化の要請の強い電子カメラやビデオカメラでも同様である。

【0 0 0 6】

第 2 の要因は、対物光学系の最も物体側の光学素子の像面側表面の曇りによる画質の劣化である。内視鏡を体腔内に挿入したとき、対物窓に体腔内の内容物や粘液等が付着し明視を妨げる場合がある。内視鏡先端部の洗浄用ノズルから洗浄水を送り、対物窓のこのような付着を流すが、洗浄水の温度が体内温度で温められている対物窓に対して低いために、対物光学系の最も物体側の光学素子像面側表面が結露し、その光学素子の曇りにより良好な画像を得ることができなくなる。

【0 0 0 7】

特開平 5 - 2 8 1 4 9 2 号のものでは、図 1 4 に断面を示すような対物光学系の最も物体側の光学素子 1 とその次に物体側の光学素子 2 の接合部 3 を気密に封止し、最も物体側の光学素子 1 とその次に物体側の光学素子 2 の間の空気層に水蒸気が侵入することを防ぐことによって曇りを防止する手段が記載されている。ところが、先端及び第 2 光学素子を気密を狙って接着をすると、毛細管現象によって接着剤が撮像素子に入射する光線が張る光束の内側（以下、視野内）に入り、フレアの原因となり問題となる。

【0 0 0 8】

第 3 の要因は、対物窓に水が付着することによる画質の劣化である。内視鏡には、図 1 5 に示すように、対物光学系 6、照明光学系 7、ノズル 5 が搭載されている。その対物光学系 6 の脱落を防ぐために、従来、対物光学系 6 の最も物体側の光学素子 1 の周りには接着剤が盛られる（以下、補修盛り 4）。

【0 0 0 9】

ところが、ノズル 5 から対物光学系 6 の対物窓に送水された洗浄水が、この補修盛り 4 に水溜まり状に付着し、明視を妨げる。この現象は、特に、モニタ出力

画像の中心から出力画像の端までの長さが最長な点（長方形の画像の場合には、その長方形の角）近傍で目立った画質の悪化をさせていた。以下、この現象を水切れが悪いと呼ぶ。この水切れの悪さを改善するために、特開平 2 - 1 2 9 6 1 3 号のように、撥水性コートに対物窓に被着するものがあるが、医療用内視鏡においては、消毒・滅菌等の過酷な使用環境を経なければならないため、このような撥水性コートはレンズから剥がれる可能性が高く、継続的には使えない。

【0 0 1 0】

【発明が解決しようとする課題】

本発明は従来技術のこのような問題点に鑑みてなされたものであり、その目的は、固体撮像素子の画素ピッチの小型化に伴う高密度化や、焦点距離の短い光学系やFナンバーの大きい光学系における対物先端光学素子の従来の構成が原因となって画質が乱れるために、診断に支障をきたしていた従来の欠点を解消し、常に良好な内視鏡画像が得られる内視鏡光学系を提供することであり、検診や治療のために体腔内に挿入される電子内視鏡が異常部等を確実に映し出すような高画質を達成することができるようにすることである。

【0 0 1 1】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成する本発明の第 1 の撮像光学系は、モニタ走査線に対して水平方向の画素ピッチ H と垂直方向の画素ピッチ V の平均画素ピッチ $(H + V) / 2$ が $6 \mu m$ 以下の高密度固体撮像素子を用いた撮像装置の撮影光学系において、対物光学系の最も物体側の光学素子としてヌープ硬さが 800 以上の材質を用いたことを特徴とするものである。ただし、ヌープ硬さ (Knoop Number) とは、試料の平面研磨面にダイヤモンド菱形圧子（対稜角 $172^{\circ} 30'$ と 130° ）を $0.98 N \{0.1 Kgf\}$ の荷重をかけ、15 秒間押し付け、くぼみを付けたとき、次式によって算出される量である。

【0 0 1 2】

$$\text{ヌープ硬さ} = 1.451 F / l^2$$

ここで、F : 荷重 (N)

l : 長い方の対角線の長さ (mm)

である。

【0013】

この本発明の第1の電子撮像光学系（内視鏡及び電子カメラ・ビデオカメラ等）の作用を説明する。対物光学系の最も物体側の光学素子のヌープ硬さ800以上である材質は、従来使われている光学ガラスに比べ硬い材質であるために、誤ってぶつける程度の衝撃では、撮像光学系の最も物体側の光学素子にキズや欠けは入らない。したがって、今まで小さい画素ピッチの高分解能な画像で微細なキズや欠けでも映し出されて診断等の妨げとなっていたものも、このキズや欠けの防止により問題が解消できる。これは、平均画素ピッチが $8\mu\text{m}$ から $6\mu\text{m}$ になると、画素の面積に換算すると約 $1/2$ の大きさとなり、キズや欠けが視野を乱しやすくなる。また、さらに $5\mu\text{m}$ となれば、約 $1/3$ 、 $4\mu\text{m}$ となれば、約 $1/4$ となり、より画像が乱れる原因となりやすく、またキズや欠けが気になりやすくなってしまうので、より一層の効果が現れる。

【0014】

また、本発明では、対物光学系の焦点距離が 2.2mm 以下であるときに、対物光学系の最も物体側の光学素子に上記光学素子を用いるとなおよい。これは、例えば内視鏡の撮像対物光学系として適当な仕様を持つ光学系で、画素ピッチが小さくなり光学素子も小型化されてくると、焦点距離がより短い光学系となる傾向にあるために、固体撮像素子の1画素内に入射する光束が細くなり、また、明るさ絞りから離れた最も物体側の光学素子では光束が細くなる。そのため、焦点距離の短い光学系ではより効果的であり、焦点距離が 2mm 、 1.5mm 、 1mm 、さらに 0.7mm と短くなると、上記光学素子を用いると、より効果が現れる。

【0015】

また、本発明では、Fナンバーが3.5以上であるときに、対物光学系の最も物体側の光学素子に上記光学素子を用いるとなお良い。Fナンバーが大きい光学系は、光束が細いために、同様のキズや欠けが目立ちやすいことから、効果的である。

【0016】

また、本発明では、対物光学系の最も先端の光学素子が物体側から順に平凹形状の負レンズにすると、なお良い。特に、内視鏡の視野角は通常 100° 以上の広角な光学系で構成されているために、対物光学系の最も先端の光学素子を平行平板 11 としてしまうと、図 10 (b) に示すように、固体撮像素子 9 の有効な撮像範囲 (有効イメージエリア) 10 に入射する光線が張る光束が対物窓に描く視野内範囲 8 の面積が大きくなる。その結果、先端光学素子 11 の外径が大型化し、内視鏡先端部の外径が太くなる。そこで、図 10 (a) に示すように、先端光学素子を平凹レンズ 12 としてやれば、視野内光線が描く面積が小さくなり、内視鏡の細径化が可能となる。

【0017】

また、本発明では、対物光学系の最も先端の光学素子の材質が合成サファイアであると良い。合成サファイアガラスを用いれば、ヌーブ硬さが凡そ 1200 以上と極端に硬く、ダイヤモンド等ほんの数種類の物質によってのみキズをつけられるだけであり、より効果的となる。

【0018】

本発明の第 2 の内視鏡光学系は、モニタ走査線に対して水平方向の画素ピッチ H と垂直方向の画素ピッチ V の平均画素ピッチ $(H+V)/2$ が $6\mu\text{m}$ 以下の高密度固体撮像素子を用いた電子内視鏡の撮影光学系において、対物光学系の最も物体側の光学素子とその像側方向直後の第 2 光学素子との間の空気層の体積 V_1 が、

$$V_1 < 4\text{mm}^3 \quad \dots (1)$$

を満たすことを特徴とするものである。

【0019】

この本発明の第 2 の内視鏡光学系の作用を説明する。対物光学系の最も物体側の光学素子とその次の第 2 光学素子の間にある空気層体積 V_1 が大きく、その空気層中の湿気によって対物光学系の最も物体側の光学素子像面側表面に結露を生じると、画素ピッチ $6\mu\text{m}$ 以下のような高分解能な画像では、結露する水滴が非常に細かいものであっても、診断の妨げになっていた。そこで、本発明の第 2 構成のように、対物光学系の最も物体側の光学素子とその像側方向直後の第 2 光学

素子との間にある空気層体積を 4 mm^3 以下と小さくすれば、結露が最小限に抑えられるために効果的となる。さらに、空気層体積を 2 mm^2 以下、さらに 1.5 mm^3 以下とするとなお良い。

【0020】

このことは、また、次のような実験結果からも妥当性がある。すなわち、様々な製品クレームの状況及び原因追跡実験から、次のことが概念的に言える。空気層体積 7.5 mm^3 の内視鏡と 3 mm^3 の内視鏡とを同じ高密度固体撮像素子を用いて体腔内と同様な高湿度、高温の状況に曝して、瞬時に常温程度の水を対物レンズ表面に吹きかけると曇るかどうかを検証したところ、図 11 (a)、(b) のようなグラフが得られた。図 11 (a) は空気層体積 7.5 mm^3 の場合、同 (b) は空気層体積 3 mm^3 の場合である。これらグラフは、横軸を時間、縦軸を台数とすると、空気層体積 7.5 mm^3 の場合は、ある程度時間が経つと水を吹きかけると曇りが発生する頻度が増える。ところが、空気層体積 3 mm^3 の場合は、時間が経過してもほとんど曇りは発生しないことが分かる。また、固体撮像素子の画素ピッチを $8 \mu\text{m}$ と大きくして同様な実験をすると、空気層体積 7.5 mm^3 の場合でも、図 11 (c) のように、時間が経過してもほとんど曇りは発生しなかった。

【0021】

なお、空気層の体積 V_1 の計算方法は、まず非球面形状をしている凹面又は凸面は全て球面に近似し、レンズ枠もレンズを抑えるような凸凹に関しては、面取りがないものとして計算する。

【0022】

また、対物光学系の最も物体側の光学素子の像側表面から像側方向直後の第 2 光学素子の物体側表面までの光軸上の間隔 d が、

$$d < 1.5 \text{ mm} \quad \dots (2)$$

を満たし、また、対物光学系の最も物体側の光学素子が平凹レンズ、若しくは、平行平板に平凹レンズを貼り合わせたものであるときに、その凹面側の略球面状に掘られている部分の体積（球欠体積） V_2 が、

$$V_2 < 1 \text{ mm}^3 \quad \dots (3)$$

を満たすと良い。それは、上記と同様に、空気層の体積が小さいと良いことと、また、先端光学素子として平凹レンズ又は平行平板のカバーガラスに平凹レンズを貼り合わせた構成にすると、内視鏡の対物光学系として適当な画角が得られやすいためであり、また、球欠体積 V_2 が式(3)を満たすと、球欠体積を小さくしつつ、画角を広角にしやすい。これは、さらに 0.5 mm^2 とすると効果的である。また、式(2)のように間隔 d を小さくしてやると、空気層体積 V_2 を小さくできる。また、間隔 d は、 0.7 mm 、さらには 0.5 mm と短くすると効果的である。

【0023】

本発明の第3の内視鏡光学系は、モニタ走査線に対して水平方向の画素ピッチ H と垂直方向の画素ピッチ V の平均画素ピッチ $(H+V)/2$ が $6\text{ }\mu\text{ m}$ 以下の高密度固体撮像素子を用いた電子内視鏡の撮影光学系において、モニタ出力画像の中心から出力画像の端までの長さが最長な点とモニタ画像の中心を結んだ直線を基準とし、モニタ出力画像の中心を中心として、 $\pm 5^\circ$ 以内に含まれる範囲に相当する内視鏡先端には照明窓の中心が配置されておらず、また、対物窓中心と照明窓中心を結んだ線分上で対物窓の外周と交わる部分に略黒色の接着剤が盛られていることを特徴とするものである。

【0024】

この本発明の第3の内視鏡光学系の作用を説明する。図12に内視鏡先端の様子を、図13に内視鏡モニタ画像を示す。図13の四隅を面取りした内視鏡モニタ画像(有効撮像範囲)14は、対物光学系の先端の光学素子(対物窓)13の面上で、図12に点線で示したような形状のモニタ出力範囲(有効撮像範囲に入射する範囲)15に相当する(図12のモニタ出力範囲15が図13の内視鏡モニタ画像14の形状に正確に対応しないで曲線の組み合わせからなるのは、歪曲収差のためのである。)。モニタ出力画像の中心17から出力画像の端までの長さが最長な点(像高の最も高い点)16を結んだ直線18から $\pm 5^\circ$ の範囲の斜線部19内に相当する内視鏡先端には照明光学系20の中心を配置せずに、対物窓中心17と照明窓中心21を結んだ線分22上で対物窓の外周23と交わる部分24に略黒色の接着剤を盛れば、ノズル5(図15)から送水された洗浄水が

その接着剤の補修盛りによって対物窓 1 3 の縁に付着し、視野が乱される傾向の強かったモニタ出力画像 1 4 の中心 1 7 から出力画像の端までの長さが最長な点 1 6 周辺に水が溜まり難くなり、かつ、補修盛りを施す部分 2 4 によって照明光が直接対物窓 1 3 に入射することによるフレアの発生を防止することができる。これは、直線 1 8 から $\pm 10^\circ$ の範囲に照明光学系 2 0 の照明窓を配置しないとなお良い。

【0025】

また、この発明では、上記直線 1 8 と対物窓の外周 2 3 の交点 2 4 から $\pm 1 \text{ mm}$ 以内の範囲に接着剤の補修盛りを施すと良い。これにより、照明光中の直接対物窓 1 3 に入射する光線を確実に防ぐことができる。

【0026】

本発明の第 4 の内視鏡光学系は、画素ピッチ $6 \mu \text{ m}$ 以下的高密度固体撮像素子を用いた電子内視鏡光学系、又は、対物光学系の焦点距離が 2.2 mm 以上の内視鏡光学系、又は、対物光学系の F ナンバーが 3.5 以上の内視鏡光学系において、対物光学系の最も物体側の光学素子の物体側表面の対物光学系の光軸から視野内光線の最大光線高を h 、また、光軸から視野内光線の最大光線高方向における対物窓外周までの長さを ϕ 、 $\phi - h$ を Y としたとき、

$$1. \quad 0 \text{ mm} < \phi < 3.5 \text{ mm} \quad \dots (4)$$

$$0.12 \text{ mm} < Y < 0.6 \text{ mm} \quad \dots (5)$$

を満たすことを特徴とするものである。

【0027】

この本発明の第 4 の内視鏡光学系の作用を説明する。図 1 2 に示すように、対物光学系の最も物体側の光学素子 1 3 の物体側表面の対物窓中心 1 7 からその外周 2 3 までの最短の長さ ϕ を上記の (4) 式のように大きくし、対物光学系の最も物体側の光学素子 1 3 の物体側表面の対物光学系の光軸から視野内光線の光線高から対物窓 1 3 の外周 2 3 までの最小な余裕量 Y ($= \phi - h$) を上記の (5) 式のような範囲にすると、対物窓 1 3 の視野内最大光線高 h と光学素子縁 2 3 までに余裕が生まれ、補修盛りによる光学素子縁に水が付着しても、視野内には水滴が溜まり難くなり、水による光線がケラレることがなくなる。

【 0 0 2 8 】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の撮像光学系の実施例について説明する。

【 0 0 2 9 】

(実施例 1)

図 1 に実施例 1 の電子カメラの光学系を構成するレンズ系の断面図を示す。この実施例 1 は後記の表 1 ようなレンズデータのものである。ただし、表中、 f は全系の焦点距離、 2ω は画角、 FNo は F ナンバーであり、 r_1 、 r_2 ・・・は各レンズの曲率半径、 d_1 、 d_2 ・・・は各レンズの面間及びレンズ間隔、 n_{d1} 、 n_{d2} ・・・は各レンズの d - ライン (587 nm) での屈折率、 ν_{d1} 、 ν_{d2} ・・・は各レンズの d - ライン (587 nm) でのアッペ数を表す。以下、同じ。

【 0 0 3 0 】

実施例 1 は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L_1 と、両凸正レンズ L_2 と、両凸正レンズ L_3 と両凹負レンズ L_4 の接合レンズと、平行平板の F_1 から F_5 と、固体撮像素子とから構成してある。なお、平行平板 F_1 から F_4 までは光学接着剤で接着してある。また、固体撮像素子の平均画素ピッチは $4.5\mu m$ の高密度固体撮像素子である。

【 0 0 3 1 】

この撮像光学系の焦点距離は $7.316 mm$ 、 F ナンバー 5 である。ここで、この対物光学系の最も物体側のレンズ L_1 は、ヌープ硬さ 1370 の合成サファイアからなり、強い衝撃でも対物窓にキズや欠けが生じない構成となっているため、これらによる画像の乱れはない。

【 0 0 3 2 】

(実施例 2)

図 2 に実施例 2 の内視鏡光学系を構成するレンズ系の断面図を示す。この実施例 2 は後記の表 2 ようなレンズデータのものである。

【 0 0 3 3 】

実施例 2 は、物体側から順に、平行平板のガラスあるいは光学フィルター F_1 と、平凹負レンズ L_1 と、ただし、これらの光学素子は、固体撮像素子の有効撮

像範囲の形に合わせるためと、撮像光学系の大きさを小型化するために、四角な形をした光学素子であり、次に、両凸正レンズL 2 と、固体撮像素子に赤外光が入射するのを防止するための平行平板のフィルタF 2 と、凸平正レンズL 3 と、固体撮像素子のカバーガラスCGとで構成してある。なお、凸平正レンズL 3 の像側平面と固体撮像素子カバーガラスCGは光学接着剤で接着してあり、その固体撮像素子の平均画素ピッチは $5.1\ \mu\text{m}$ の高密度固体撮像素子である。

【0034】

この撮像光学系の焦点距離は 1.8 mm 、Fナンバー 6.8 である。このとき、視野内光線の中で像高の一番高い1点に結像する光束の対物窓上での面積は 0.056 mm^2 と非常に小さい。

【0035】

ところが、この対物光学系の最も物体側の平行平板の光学素子F 1 は、ヌーブ硬さ936である ZrO_2 含んだガラス (SiO_2 43.48%, ZrO_2 56.52%) からなり、強い衝撃に対しても対物窓にキズや欠けが生じない構造となっているため、これらによる画像の乱れはない。

【0036】

また、平行平板F 1 と平凹負レンズL 1 の間で、鏡枠に囲まれた空気層の体積は 0.7065 mm^3 である。この空気層を小さくすることによって、対物光学系の最も物体側の光学素子の像面側の曇りが抑えられる。この空気層を小さくすることによって、対物光学系の最も物体側の光学素子の像面側の曇りが抑えられる。ここで、光学系全体が小さくなると、空気層体積を 0.5 mm^3 以下とすることが容易となり、このようにすれば、曇り防止のさらになる効果を得ることができる。

【0037】

また、対物光学系の対物窓において、光軸から視野内光線の最大光線高 h が 1.5 mm であり、そのときの光軸から最大光線高方向の対物窓縁までの長さ ϕ が 1.7 mm 、視野内最大光線高と対物窓の縁までの余裕 Y を 0.2 mm とっているため、水切れの悪さによる画像の乱れは起こらないような構成になっている。

【0038】

図 3 は、この撮像光学系を搭載する内視鏡の先端のレイアウトを示す。図示のように、内視鏡先端には、対物窓（対物レンズ）3 1 と、照明窓（照明レンズ）3 2 と、洗浄用ノズル 3 3 と、鉗子口（不図示）とがそれぞれ観察及び処置しやすいよう適当な位置にそれぞれ配置されている。ここで、対物窓 3 1 の内側の点線は、点線内側が視野内光線となり、固体撮像素子の有効撮像範囲に入射する範囲を示し、この対物窓 3 1 から入射したモニタ画像は図 1 3 のようになる。図 3 に示すように、モニタ画像の四隅の面取り辺対面取り辺方向延長上に相当する位置に照明窓 3 2 が位置し、モニタ出力画像の中心から出力画像の端までの長さが最長な点とモニタ画像の中心を結んだ直線を基準とし、モニタ出力画像の中心を中心として、 12° の位置に照明窓 3 2 の中心が配置されている。

【0 0 3 9】

さらに、対物窓 3 1 中心と照明窓 3 2 中心を結んだ線分上で対物窓 3 1 の外周と交わる部分に黒色の接着剤が $\pm 1 \text{ mm}$ の範囲で盛られている。

【0 0 4 0】

（実施例 3）

図 4 に実施例 3 の内視鏡光学系を構成するレンズ系の断面図を示す。この実施例 3 は後記の表 3 ようなレンズデータのものである。

【0 0 4 1】

実施例 3 は、物体側から順に、平凹負レンズ L 1 と、平行平板 F 1 と、両凸正レンズ L 2 と、固体撮像素子に赤外光が入射するのを防止するための平行平板のフィルタ F 2 と、凸平正レンズ L 3 と、固体撮像素子のカバーガラス C G とで構成してある。なお、凸平正レンズ L 3 の像側平面と固体撮像素子カバーガラス C G は光学接着剤で接着しており、その固体撮像素子の平均画素ピッチは $4 \mu \text{ m}$ の高密度固体撮像素子である。

【0 0 4 2】

この撮像光学系の焦点距離は 1.539 mm 、F ナンバー 5.6 である。このとき、視野内光線の中で像高の一番高い 1 点に結像する光束の面積は 0.077 mm^2 と小さい。

【0 0 4 3】

ここで、最も物体側の平凹レンズ L 1 は、ヌーブ硬さ 1 3 8 0 の合成サファイアであるためにキズに強い構成であり、最も物体側レンズ L 1 と平行平板 F 1 との間空気層体積は 1 mm^3 と、曇り防止構造である。

【 0 0 4 4 】

ここで、球欠体積 V_2 は 0.78 mm^3 であり、最も物体側の光学素子 L 1 の像側から像側方向直後の第 2 光学素子 F 1 の物体側表面までの光軸上の間隔 $d = 0.6 \text{ mm}$ である。

【 0 0 4 5 】

また、対物光学系の対物窓において、光軸から視野内光線の最大光線高が 1.5 mm であり、そのときの光軸から最大光線高方向の対物窓縁までの長さ ϕ が 1.63 mm 、視野内最大光線高と対物窓の縁までの余裕 Y を 0.13 mm とっているので、水切れの悪さによる画像の乱れは起こらないような構造になっている。

【 0 0 4 6 】

図 5 はこの撮像光学系を搭載する内視鏡の先端レイアウトを示す。ここで、実施例 2 と同様に、対物窓 3 1 の内側の点線は、点線内側が視野内光線となり、固体撮像素子の有効撮像範囲に入射する範囲を示し、この対物窓 3 1 から入射したモニタ画像は図 1 3 のようになる。このように、モニタ画像の対辺方向延長上に相当する位置に照明窓を配置し、モニタ出力画像の中心から出力画像の端までの長さが最長な点とモニタ中心を結んだ直線を基準とし、出力画像中心を中心として、一方の照明窓（照明レンズ）3 2 の中心を 20° の位置に、他方の照明窓（照明レンズ）3 2 の中心を 40° の位置に配置している。

【 0 0 4 7 】

さらに、対物窓 3 1 中心と照明窓 3 2 中心を結んだ線分上で対物窓 3 1 の外周と交わる部分に黒色の接着剤が $\pm 0.7 \text{ mm}$ の範囲で盛られている。

【 0 0 4 8 】

（実施例 4）

図 6 に実施例 4 の内視鏡光学系を構成するレンズ系の断面図を示す。この実施例 4 は後記の表 4 ようなレンズデータのものである。

【 0 0 4 9 】

実施例 4 は、物体側から順に、平凹負レンズ L 1 と、平行平板 F 1 と、両凸正レンズ L 2 と、固体撮像素子に赤外光が入射するのを防止するための平行平板のフィルタ F 2 と、凸平正レンズ L 3 と、固体撮像素子のカバーガラス C G とで構成してある。なお、凸平正レンズ L 3 の像側平面と固体撮像素子カバーガラス C G は光学接着剤で接着してあり、その固体撮像素子の平均画素ピッチは $2.5 \mu\text{m}$ の高密度固体撮像素子である。

【 0 0 5 0 】

この撮像光学系の焦点距離は 0.6629 mm 、F ナンバー 4.6 である。このとき、視野内光線の中で像高の一番高い 1 点に結像する光束の面積は 0.02 mm^2 と小さい。

【 0 0 5 1 】

ここで、最も物体側の平凹レンズ L 1 は、ヌーブ硬さ 1380 の合成サファイアであるためにキズに強い構成であり、最も物体側レンズ L 1 と平行平板 F 1 との間空気層体積は 0.1 mm^3 と、曇り防止構造である。

【 0 0 5 2 】

ここで、球欠体積 V_2 は 0.08 mm^3 であり、最も物体側の光学素子 L 1 の像側から像側方向直後の第 2 光学素子 F 1 の物体側表面までの光軸上の間隔 $d = 0.284 \text{ mm}$ である。

【 0 0 5 3 】

また、対物光学系の対物窓において、光軸から視野内光線の最大光線高が 0.7 mm であり、そのときの光軸から最大光線高方向の対物窓縁までの長さ ϕ が 0.85 mm 、視野内最大光線高と対物窓の縁までの余裕 Y を 0.15 mm とっているので、水切れの悪さによる画像の乱れは起こらないような構造になっている。

【 0 0 5 4 】

(実施例 5)

図 7 に実施例 5 の撮像光学系を構成するレンズ系の断面図を示す。この実施例 5 は後記の表 5 ようなレンズデータのものである。

【0055】

実施例 5 は、物体側から順に、平凹負レンズ L 1 と、明るさ絞り S と、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズ L 2 と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 3 と凸平正レンズ L 4 の接合レンズと、固体撮像素子のカバーガラス C G とで構成してある。

【0056】

この撮像光学系の焦点距離は 1. 4 4 mm、F ナンバー 5. 6 である。

【0057】

この撮像光学系においては、最も物体側の負レンズ L 1 とその像側に配置されている正レンズ L 2 との光軸上の間隔 $d = 0. 1 3 \text{ mm}$ と小さいことから、負レンズ L 1 と正レンズ L 2 の間の空気層体積を小さくすることができる。

【0058】

本実施例は、さらに、次の条件式を満たすことが好ましい。

【0059】

$$(1) -1. 5 < f_1 / f < -0. 8$$

$$(2) -0. 8 < R_4 / f < -0. 4$$

$$(3) 0. 0 5 < d_2 / f < 0. 3$$

ただし、

f_1 : 第 1 レンズの焦点距離、

f : 全系の焦点距離、

R_4 : 第 2 レンズの像側の面の曲率半径、

d_2 : 第 1 レンズと第 2 レンズの間隔、

である。

【0060】

条件式 (1) ($-1. 5 < f_1 / f < -0. 8$ 、 f_1 : 第 1 レンズの焦点距離、 f : 全系の焦点距離) は、ペッツバール和の増大を抑えて小さく保ち、像面湾曲を補正するための条件である。第 1 レンズの負のパワーを比較的強く設定することにより、負のペッツバール量を大きく生じさせ、全系のペッツバール和が正で増大することを防止する。この条件式 (1) の下限を越えると、第 1 レンズの

負のパワーが弱くなりすぎて、上記の効果が得られない。上限を越えると、負のパワーが過度に強くなりすぎ、球面収差、及び色収差の増大を招く。

【0061】

条件式(2) ($-0.8 < R4/f < -0.4$ 、 $R4$: 第2レンズの像側の面の曲率半径)は、球面収差をアンダー状態に保つために、第2レンズの像側の面の曲率半径に対して必要な条件である。本実施例のレンズにおいて、条件式(1)を満足しても像面湾曲が完全にゼロになるわけではない。軸上と軸外のバランス、すなわち、視野全体の像質の均一性は、像面湾曲と球面収差の量によって決まる。像面湾曲の残存する状態で球面収差をいくらゼロに近づけて軸上性能を向上させても、視野全体のバランスに欠ける。本実施例は、正レンズに比較的屈折率の低い硝材を用いるため、ペッツバル和が大きくなり、像面湾曲が大きくなりやすい。そこで、視野全体のバランスをとるために、球面収差をある程度発生させて適当にアンダー状態に保つことが必要になる。条件式(2)は、球面収差をアンダー状態に保つための条件である。この条件式(2)の下限を越えると、曲率半径がゆるくなりすぎて、球面収差をアンダーにする効果が失われ、レンズ全体で球面収差がオーバーとなり、軸外性能とのバランスが取れなくなる。上限を越えると、逆に曲率半径がきつくなり、球面収差が、過度にアンダーとなる。

【0062】

条件式(3) ($0.05 < d2/f < 0.3$ 、 $d2$: 第1レンズと第2レンズの間隔)は、条件式(2)と共に、球面収差量を適切に保つために、第1レンズと第2レンズの間隔に要求されるものである。本実施例では、前述のようにペッツバル和を小さくするために第1レンズの負のパワーを強めに設定する。したがって、第1レンズでは、諸収差、特に球面収差、色収差がオーバーになる。これらのオーバーな収差は、正のパワーを持つ第2レンズによって生じるアンダーの収差によって打ち消されるが、適切な打ち消し合いを生じさせるために、これら2つのレンズ間の間隔に条件式(3)が要求される。条件式(3)の範囲を外れると、前述のような適切な収差の打ち消し合いができず、球面収差、色収差等が残存し、画像の質を低下させる。また、第1レンズと第2レンズの物理的な間隔を確保する上でも、条件式(3)の下限は必要である。

【 0 0 6 3 】

(実施例 6)

図 8 に実施例 6 の撮像光学系を構成するレンズ系の断面図を示す。この実施例 6 は後記の表 6 ようなレンズデータのものである。

【 0 0 6 4 】

実施例 6 は、実施例 5 と同様のレンズ配置の撮像光学系の先端部に合成サファイア製カバーガラス F 1 を配置したものである。この撮像光学系のように、平凹負レンズ L 1 と、その像側に配置されている正メニスカスレンズ L 2 との光軸上の間隔が 0. 1 3 m m (< 1 m m) と狭く、さらに、負レンズ L 1 と正レンズ L 2 の間に明るさ絞り S が配置されている構成の場合、明るさ絞り S より物体側に配置されている負レンズ L 1 と合成サファイア製カバーガラス F 1 上の最大光線高を下げるができる。したがって、合成サファイア製カバーガラス F 1 の外径を、固体撮像素子の有効撮像面の最大寸法（例えば、対角寸法）に対して 1. 2 倍以下に小さくすることができる。

【 0 0 6 5 】

(実施例 7)

図 9 に実施例 7 の撮像光学系を構成するレンズ系の断面図を示す。この実施例 7 は後記の表 7 ようなレンズデータのものである。

【 0 0 6 6 】

実施例 7 は、撮像光学系の先端部に合成サファイア製カバーガラス F 1 を配置したものである。

【 0 0 6 7 】

以下、上記実施例 1 ～ 7 の光学系のレンズデータを示す。

【 0 0 6 8 】

(表 1)

$$f = 7.316 \quad 2 \omega = 42^\circ$$

$r_1 =$	24	$d_1 =$	1.6	$n_{d1} =$	1.7692	$\nu_{d1} =$	71.8
$r_2 =$	5	$d_2 =$	9.85				
$r_3 =$	7	$d_3 =$	3.2	$n_{d2} =$	1.43875	$\nu_{d2} =$	94.99

$r_4 = -11$	$d_4 = 0.33$		
$r_5 = 7$	$d_5 = 3.006$	$n_{d3} = 1.51633$	$v_{d3} = 64.14$
$r_6 = -14$	$d_6 = 1.988$	$n_{d4} = 1.883$	$v_{d4} = 40.76$
$r_7 = 16$	$d_7 = 1.2$		
$r_8 = \infty$	$d_8 = 0.913$	$n_{d5} = 1.744$	$v_{d5} = 44.78$
$r_9 = \infty$	$d_9 = 1.615$	$n_{d6} = 1.51633$	$v_{d6} = 64.14$
$r_{10} = \infty$	$d_{10} = 1.254$	$n_{d7} = 1.744$	$v_{d7} = 44.78$
$r_{11} = \infty$	$d_{11} = 0.926$	$n_{d8} = 1.744$	$v_{d8} = 44.78$
$r_{12} = \infty$	$d_{12} = 0.5$		
$r_{13} = \infty$	$d_{13} = 0.7$	$n_{d9} = 1.51633$	$v_{d9} = 64.14$
$r_{14} = \infty$	$d_{14} = 3.5$		

【0 0 6 9】

(表 2)

$f = 1.8 \quad 2\omega = 100^\circ$

$r_1 = \infty$	$d_1 = 0.3$	$n_{d1} = 1.8300$	
$r_2 = \infty$	$d_2 = 0.1$		
$r_3 = \infty$	$d_3 = 0.4$	$n_{d2} = 1.8830$	$v_{d2} = 40.76$
$r_4 = 1$	$d_4 = 0.77$		
$r_5 = 1.9$	$d_5 = 1.6$	$n_{d3} = 1.699$	$v_{d3} = 30.13$
$r_6 = -1.97$	$d_6 = 0.23$		
$r_7 = \infty$	$d_7 = 1.6$	$n_{d4} = 1.514$	$v_{d4} = 75$
$r_8 = \infty$	$d_8 = 1.84$		
$r_9 = 4$	$d_9 = 1.74$	$n_{d5} = 1.8830$	$v_{d5} = 40.76$
$r_{10} = \infty$	$d_{10} = 0.4$	$n_{d6} = 1.6127$	$v_{d6} = 58.72$

【0 0 7 0】

(表 3)

$f = 1.539 \quad 2\omega = 119^\circ$

$r_1 = \infty$	$d_1 = 0.4$	$n_{d1} = 1.7692$	$v_{d1} = 71.8$
----------------	-------------	-------------------	-----------------

$r_2 =$	1	$d_2 =$	0.6		
$r_3 =$	∞	$d_3 =$	0.4	$n_{d2} =$	1.51633 $\nu_{d2} =$ 64.14
$r_4 =$	∞	$d_4 =$	0.14		
$r_5 =$	2.1	$d_5 =$	1.3	$n_{d3} =$	1.69895 $\nu_{d3} =$ 30.13
$r_6 =$	-2.1	$d_6 =$	0.33		
$r_7 =$	∞	$d_7 =$	1.6	$n_{d4} =$	1.514 $\nu_{d4} =$ 75
$r_8 =$	∞	$d_8 =$	1.32		
$r_9 =$	3.072	$d_9 =$	1.68	$n_{d5} =$	1.8830 $\nu_{d5} =$ 40.76
$r_{10} =$	∞	$d_{10} =$	0.4	$n_{d6} =$	1.61272 $\nu_{d6} =$ 58.72

【0 0 7 1】

(表 4)

$f = 0.6629$ $2\omega = 146^\circ$

$r_1 =$	∞	$d_1 =$	0.19	$n_{d1} =$	1.7692 $\nu_{d1} =$ 71.8
$r_2 =$	10.47	$d_2 =$	0.284		
$r_3 =$	∞	$d_3 =$	0.19	$n_{d2} =$	1.51633 $\nu_{d2} =$ 64.14
$r_4 =$	∞	$d_4 =$	0.07		
$r_5 =$	0.98	$d_5 =$	0.7	$n_{d3} =$	1.69895 $\nu_{d3} =$ 30.13
$r_6 =$	-0.98	$d_6 =$	0.15		
$r_7 =$	∞	$d_7 =$	0.75	$n_{d4} =$	1.514 $\nu_{d4} =$ 75
$r_8 =$	∞	$d_8 =$	0.475		
$r_9 =$	1.543	$d_9 =$	0.78	$n_{d5} =$	1.8830 $\nu_{d5} =$ 40.76
$r_{10} =$	∞	$d_{10} =$	0.2	$n_{d6} =$	1.61272 $\nu_{d6} =$ 58.72

【0 0 7 2】

(表 5)

$f = 1.44$ $FNo = 5.6$

$r_1 =$	∞	$d_1 =$	0.6651	$n_{d1} =$	1.76920 $\nu_{d1} =$ 71.90
$r_2 =$	1.2737	$d_2 =$	0.1300		

$r_3 =$	-5.0760	$d_3 =$	0.9900	$n_{d2} =$	1.49700	$v_{d2} =$	81.54
$r_4 =$	-0.7280	$d_4 =$	0.2300				
$r_5 =$	2.6010	$d_5 =$	0.3000	$n_{d3} =$	1.84666	$v_{d3} =$	23.78
$r_6 =$	1.1900	$d_6 =$	1.1700	$n_{d4} =$	1.72916	$v_{d4} =$	54.68
$r_7 =$	∞	$d_7 =$	0.3800				
$r_8 =$	∞	$d_8 =$	1.5000	$n_{d5} =$	1.51633	$v_{d5} =$	64.14
$r_9 =$	∞						.

【0 0 7 3】

(表 6)

$f = 1.443$ FNo=5.6

$r_1 =$	∞	$d_1 =$	0.2000	$n_{d1} =$	1.76920	$v_{d1} =$	71.90
$r_2 =$	∞	$d_2 =$	0.1000				
$r_3 =$	∞	$d_3 =$	0.5700	$n_{d2} =$	1.51633	$v_{d2} =$	64.14
$r_4 =$	0.8550	$d_4 =$	0.1300				
$r_5 =$	-5.0760	$d_5 =$	0.9900	$n_{d3} =$	1.49700	$v_{d3} =$	81.54
$r_6 =$	-0.7280	$d_6 =$	0.2300				
$r_7 =$	2.6010	$d_7 =$	0.3000	$n_{d4} =$	1.84666	$v_{d4} =$	23.78
$r_8 =$	1.1900	$d_8 =$	1.1700	$n_{d5} =$	1.72916	$v_{d5} =$	54.68
$r_9 =$	∞	$d_9 =$	0.3800				
$r_{10} =$	∞	$d_{10} =$	1.5000	$n_{d6} =$	1.51633	$v_{d6} =$	64.14
$r_{11} =$	∞						.

【0 0 7 4】

(表 7)

$f = 2.738$ FNo=8.038

$r_1 =$	∞	$d_1 =$	0.7000	$n_{d1} =$	1.76920	$v_{d1} =$	71.79
$r_2 =$	∞	$d_2 =$	0.2000				
$r_3 =$	∞	$d_3 =$	0.4000	$n_{d2} =$	1.88300	$v_{d2} =$	40.76
$r_4 =$	1.0730	$d_4 =$	0.8400				
$r_5 =$	2.4060	$d_5 =$	0.8400	$n_{d3} =$	1.77250	$v_{d3} =$	49.60

$r_6 =$	-2.4060	$d_6 =$	0.3800		
$r_7 =$	∞	$d_7 =$	0.4000	$n_{d4} =$	1.52287 $\nu_{d4} =$ 59.89
$r_8 =$	∞	$d_8 =$	0.7600		
$r_9 =$	∞	$d_9 =$	0.9300	$n_{d5} =$	1.51633 $\nu_{d5} =$ 64.14
$r_{10} =$	-1.0730	$d_{10} =$	0.3000	$n_{d6} =$	1.84666 $\nu_{d6} =$ 23.78
$r_{11} =$	-3.1270	$d_{11} =$	2.1700		
$r_{12} =$	5.6250	$d_{12} =$	1.0000	$n_{d7} =$	1.88300 $\nu_{d7} =$ 40.76
$r_{13} =$	∞	$d_{13} =$	1.0000	$n_{d8} =$	1.49400 $\nu_{d8} =$ 75.00
$r_{14} =$	∞	$d_{14} =$	0.7000	$n_{d9} =$	1.76820 $\nu_{d9} =$ 71.79
$r_{15} =$	∞	$d_{15} =$	0.5000	$n_{d10} =$	1.48749 $\nu_{d10} =$ 70.21
$r_{16} =$	∞				

【0075】

なお、ヌーブ硬さが800以上の光学材料としては、上記実施例であげられたサファイア、二酸化チタニウムの他に、スピネル、YAG (yttrium aluminium garnet)、ALON (aluminium oxynitride) 等を使用してもよい。

【0076】

図16～図18は、本発明の撮像光学系を電子カメラの撮影光学系41に用いた構成の概念図を示す。図16は電子カメラ40の外観を示す前方斜視図、図17は同後方斜視図、図18は電子カメラ40の構成を示す断面図である。電子カメラ40は、この例の場合、撮影用光路42を有する撮影光学系41、ファインダー用光路44を有するファインダー光学系43、シャッター45、フラッシュ46、液晶表示モニター47等を含み、カメラ40の上部に配置されたシャッター45を押圧すると、それに連動して撮影用対物光学系48を通して撮影が行われる。撮影用対物光学系48によって形成された物体像が、ローパスフィルター、赤外カットフィルター等のフィルターを介してCCD49の撮像面50上に形成される。このCCD49で受光された物体像は、処理手段52を介し、電子画像としてカメラ背面に設けられた液晶表示モニター47に表示される。また、この処理手段52にはメモリ等が配置され、撮影された電子画像を記録することもできる。なお、このメモリは処理手段52と別体に設けられてもよいし、フロッピ

ーディスク等により電子的に記録書込を行うように構成してもよい。また、CCD 4 9 に代わって銀塩フィルムを配置した銀塩カメラとして構成してもよい。

【0 0 7 7】

ファインダー用光路 4 4 上には、ファインダー用対物光学系 5 3 と、このファインダー用対物光学系 5 3 によって形成された物体像を正立させるポロプリズム 5 4 と、接眼光学系 5 5 とが配置されており、被写体の正立正像にされた像を観察者眼球 E が観察できるようになっている。

【0 0 7 8】

この例においては、撮影用対物光学系 4 8 は、カバーガラスを兼ねる負レンズ LN と、偏心プリズムからなり、プリズムを構成する屈折面、反射面に自由曲面、アナモルフィック面等の回転非対称面を用いている前群 GF と、明るさ絞り S と、前群 GF と同様に偏心プリズムからなり、プリズムを構成する屈折面、反射面に自由曲面、アナモルフィック面等の回転非対称面を用いている後群 GR とからなるもので、前群 GF の偏心プリズムは 3 面からなり、第 1 面は入射屈折面、第 2 面は射出屈折面と内部全反射面を兼用する曲面、第 3 面は内部反射面からなり、後群 GR の偏心プリズムも 3 面からなり、第 1 面は入射屈折面、第 2 面は射出屈折面と内部全反射面を兼用する曲面、第 3 面は内部反射面からなるものである。

【0 0 7 9】

そして、撮影用対物光学系 4 8 の負レンズ LN が、本発明に基づき、ヌーブ硬さが 8 0 0 以上の材質、例えば合成サファイアを用いており、また、CCD 4 9 として平均画素ピッチ $(H + V) / 2$ が $6 \mu m$ 以下的高密度固体撮像素子を用いている。

【0 0 8 0】

以上の本発明の撮像光学系は例えば次のように構成することができる：

〔1〕 モニタ走査線に対して水平方向の画素ピッチ H と垂直方向の画素ピッチ V の平均画素ピッチ $(H + V) / 2$ が $6 \mu m$ 以下の高密度固体撮像素子を用いた撮像装置の撮影光学系において、対物光学系の最も物体側の光学素子としてヌーブ硬さが 8 0 0 以上の材質を用いたことを特徴とする撮像光学系。

【 0 0 8 1 】

〔 2 〕 上記 1 記載において、対物光学系の焦点距離が 2 . 2 m m 以下であることを特徴とする撮像光学系。

【 0 0 8 2 】

〔 3 〕 上記 1 記載において、対物光学系の F ナンバーが 3 . 5 以上であることを特徴とする撮像光学系。

【 0 0 8 3 】

〔 4 〕 上記 2 又は 3 において、対物光学系の最も先端の光学素子が物体側から順に平凹形状の負レンズであることを特徴とする撮像光学系。

【 0 0 8 4 】

〔 5 〕 固体撮像素子を用い、対物光学系の焦点距離が 2 . 2 m m 以下の電子内視鏡光学系において、対物光学系の最も物体側の光学素子としてヌーブ硬さが 8 0 0 以上の材質を用いたことを特徴とする内視鏡光学系。

【 0 0 8 5 】

〔 6 〕 固体撮像素子を用い、対物光学系の F ナンバーが 3 . 5 以上の電子内視鏡光学系において、対物光学系の最も物体側の光学素子としてヌーブ硬さが 8 0 0 以上の材質を用いたことを特徴とする内視鏡光学系。

【 0 0 8 6 】

〔 7 〕 上記 1 から 6 の何れか 1 項において、対物光学系の最も先端の光学素子の材質が合成サファイアであることを特徴とする内視鏡光学系。

【 0 0 8 7 】

〔 8 〕 モニタ走査線に対して水平方向の画素ピッチ H と垂直方向の画素ピッチ V の平均画素ピッチ $(H + V) / 2$ が $6 \mu m$ 以下の高密度固体撮像素子を用いた電子内視鏡の撮影光学系において、対物光学系の最も物体側の光学素子とその像側方向直後の第 2 光学素子との間の空気層の体積 V_1 が、

$$V_1 < 4 \text{ mm}^3 \quad \dots (1)$$

を満たすことを特徴とする内視鏡光学系。

【 0 0 8 8 】

〔 9 〕 モニタ走査線に対して水平方向の画素ピッチ H と垂直方向の画素ピ

ッチVの平均画素ピッチ $(H+V)/2$ が $6\mu\text{m}$ 以下の高密度固体撮像素子を用いた電子内視鏡の撮影光学系において、対物光学系の最も物体側の光学素子の像側表面から像側方向直後の第2光学素子の物体側表面までの光軸上の間隔 d が、

$$d < 1.5\text{ mm} \quad \dots (2)$$

を満たし、また、対物光学系の最も物体側の光学素子が平凹レンズ、若しくは、平行平板に平凹レンズを貼り合わせたものであるときに、その凹面側の略球面状に掘られている部分の体積 V_2 が、

$$V_2 < 1\text{ mm}^3 \quad \dots (3)$$

を満たすことを特徴とする内視鏡光学系。

【0089】

〔10〕 モニタ走査線に対して水平方向の画素ピッチ H と垂直方向の画素ピッチ V の平均画素ピッチ $(H+V)/2$ が $6\mu\text{m}$ 以下の高密度固体撮像素子を用いた電子内視鏡の撮影光学系において、モニタ出力画像の中心から出力画像の端までの長さが最長な点とモニタ画像の中心を結んだ直線を基準とし、モニタ出力画像の中心を中心として、 $\pm 5^\circ$ 以内に含まれる範囲に相当する内視鏡先端には照明窓の中心が配置されておらず、また、対物窓中心と照明窓中心を結んだ線分上で対物窓の外周と交わる部分に略黒色の接着剤が盛られていることを特徴とする内視鏡光学系。

【0090】

〔11〕 上記10において、対物窓の外周に盛られる接着剤の範囲は、前記線分と対物窓の外周との交点から $\pm 1\text{ mm}$ 以下の範囲であることを特徴とする内視鏡光学系。

【0091】

〔12〕 画素ピッチ $6\mu\text{m}$ 以下の高密度固体撮像素子を用いた電子内視鏡光学系において、対物光学系の最も物体側の光学素子の物体側表面の対物光学系の光軸から視野内光線の最大光線高を h 、また、光軸から視野内光線の最大光線高方向における対物窓外周までの長さを ϕ 、 $\phi-h$ を Y としたとき、

$$1.0\text{ mm} < \phi < 3.5\text{ mm} \quad \dots (4)$$

$$0.12\text{ mm} < Y < 0.6\text{ mm} \quad \dots (5)$$

を満たすことを特徴とする内視鏡光学系。

【0092】

〔13〕 固体撮像素子を用い、対物光学系の焦点距離が2.2mm以上の内視鏡光学系において、対物光学系の最も物体側の光学素子の物体側表面の対物光学系の光軸から視野内光線の最大光線高をh、また、光軸から視野内光線の最大光線高方向における対物窓外周までの長さを ϕ 、 $\phi-h$ をYとしたとき、

$$1. \quad 0 \text{ mm} < \phi < 3.5 \text{ mm} \quad \dots (4)$$

$$0.12 \text{ mm} < Y < 0.6 \text{ mm} \quad \dots (5)$$

を満たすことを特徴とする内視鏡光学系。

【0093】

〔14〕 固体撮像素子を用い、対物光学系のFナンバーが3.5以上の内視鏡光学系において、対物光学系の最も物体側の光学素子の物体側表面の対物光学系の光軸から視野内光線の最大光線高をh、また、光軸から視野内光線の最大光線高方向における対物窓外周までの長さを ϕ 、 $\phi-h$ をYとしたとき、

$$1. \quad 0 \text{ mm} < \phi < 3.5 \text{ mm} \quad \dots (4)$$

$$0.12 \text{ mm} < Y < 0.6 \text{ mm} \quad \dots (5)$$

を満たすことを特徴とする内視鏡光学系。

【0094】

【発明の効果】

以上の説明から明らかなように、本発明の内視鏡光学系によると、キズや欠け、結露による水滴、洗浄水の水滴等による画質の乱れが生ぜず、常に良好で高画質の内視鏡画像が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

実施例1の電子カメラの光学系を構成するレンズ系の断面図である。

【図2】

実施例2の内視鏡光学系を構成するレンズ系の断面図である。

【図3】

実施例1の内視鏡の先端のレイアウトを示す図である。

【図 4】

実施例 3 の内視鏡光学系を構成するレンズ系の断面図である。

【図 5】

実施例 3 の内視鏡の先端のレイアウトを示す図である。

【図 6】

実施例 4 の内視鏡光学系を構成するレンズ系の断面図である。

【図 7】

実施例 5 の撮像光学系を構成するレンズ系の断面図である。

【図 8】

実施例 6 の撮像光学系を構成するレンズ系の断面図である。

【図 9】

実施例 7 の撮像光学系を構成するレンズ系の断面図である。

【図 1 0】

本発明において対物光学系の先端光学素子を平凹レンズとした場合と平行平板とした場合とを対比して示す図である。

【図 1 1】

空気層体積の大きさによる曇りの発生を比較した実験結果を示すグラフである。

【図 1 2】

本発明の第 3 の内視鏡光学系の作用を説明するための内視鏡先端の様子を示す図である。

【図 1 3】

内視鏡モニタ画像を示す図である。

【図 1 4】

従来の内視鏡対物光学系の問題点を説明するための図である。

【図 1 5】

従来の内視鏡対物光学系の別の問題点を説明するための図である。

【図 1 6】

本発明の撮像光学系を適用した電子カメラの外観を示す前方斜視図である。

【図 1 7】

図 1 6 の電子カメラの後方斜視図である。

【図 1 8】

図 1 6 の電子カメラの構成を示す断面図である。

【符号の説明】

- 1 …最も物体側の光学素子
- 2 …第 2 の光学素子
- 3 …接合部
- 4 …補修盛り
- 5 …ノズル
- 6 …対物光学系
- 7 …照明光学系
- 8 …視野内範囲
- 9 …固体撮像素子
- 1 0 …撮像範囲（有効イメージエリア）
- 1 1 …先端光学素子
- 1 2 …平凹レンズ
- 1 3 …先端の光学素子（対物窓）
- 1 4 …内視鏡モニタ画像（有効撮像範囲）
- 1 5 …モニタ出力範囲（有効撮像範囲に入射する範囲）
- 1 6 …像高の最も高い点（対物窓中心）
- 1 7 …モニタ出力画像の中心
- 1 8 …直線
- 1 9 …斜線部
- 2 0 …照明光学系
- 2 1 …照明窓中心
- 2 2 …線分
- 2 3 …対物窓の外周
- 2 4 …略黒色の接着剤を盛った部分（交点）

3 1 …対物窓（対物レンズ）
3 2 …照明窓（照明レンズ）
3 3 …洗浄用ノズル
4 0 …電子カメラ
4 1 …撮影光学系
4 2 …撮影用光路
4 3 …ファインダー光学系
4 4 …ファインダー用光路
4 5 …シャッター
4 6 …フラッシュ
4 7 …液晶表示モニター
4 8 …撮影用対物光学系
4 9 …C C D
5 0 …撮像面
5 2 …処理手段
5 3 …ファインダー用対物光学系
5 4 …ポロプリズム
5 5 …接眼光学系
L 1 …第 1 レンズ
L 2 …第 2 レンズ
L 3 …第 3 レンズ
L 4 …第 4 レンズ
L 5 …第 5 レンズ
F 1 ～ F 4 …平行平板のガラス、光学フィルタ
C G …カバーガラス
L N …負レンズ
G F …前群（偏心プリズム）
G R …後群（偏心プリズム）
S …明るさ絞り

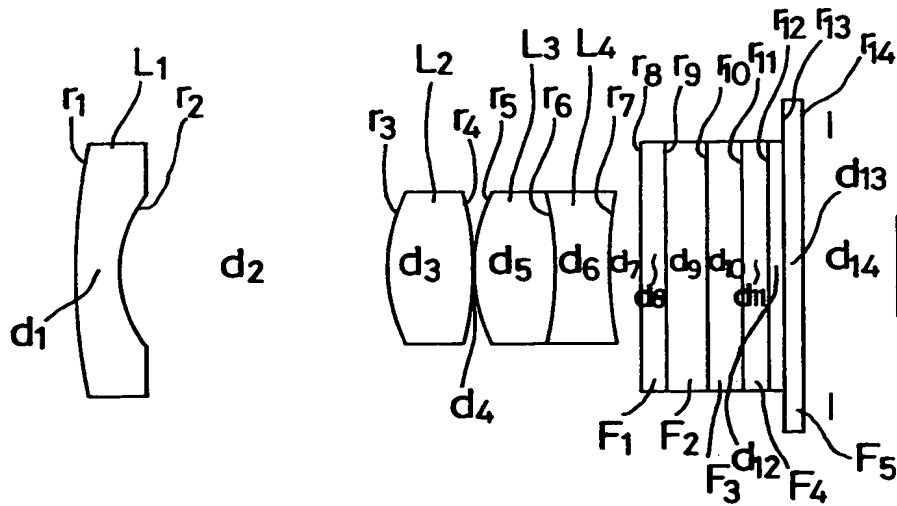
特平 1 1 - 2 5 4 4 4 8

E …観察者眼球

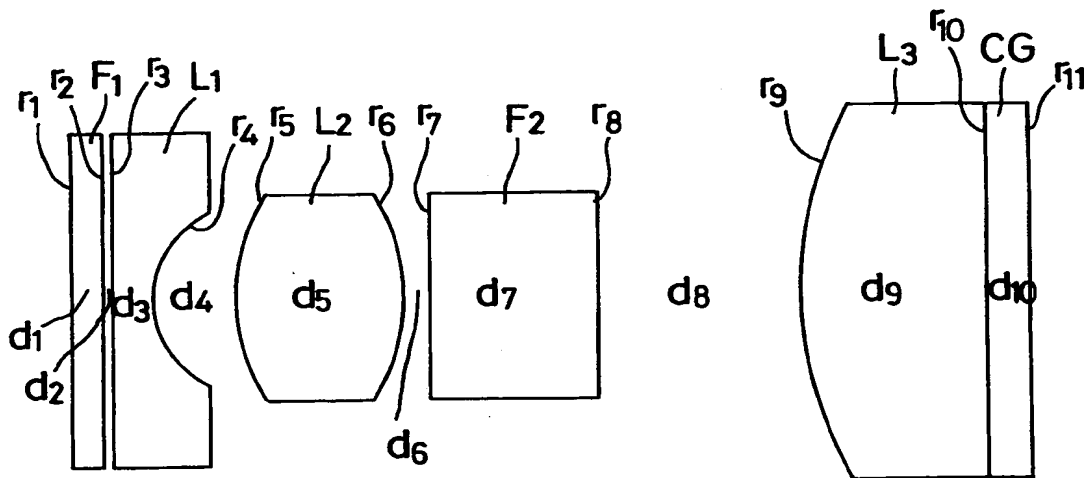
【書類名】

図面

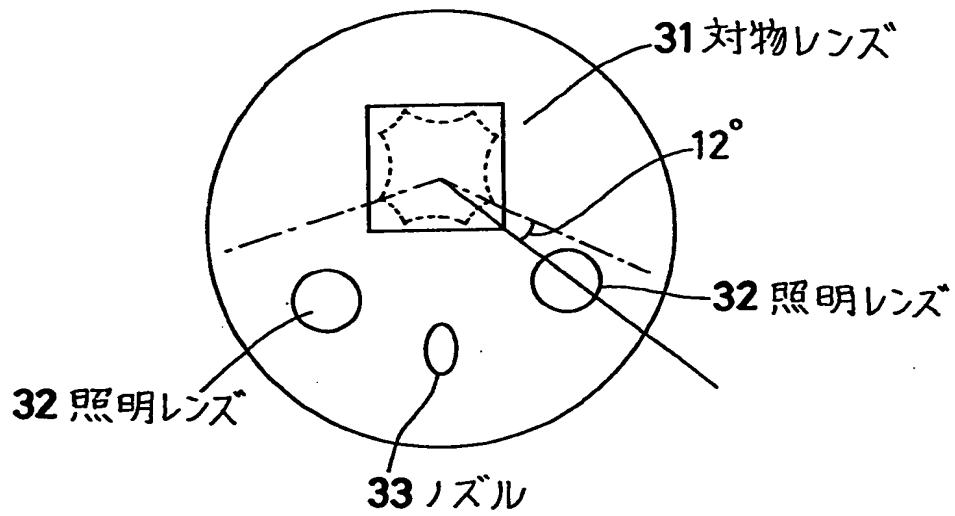
【図 1】



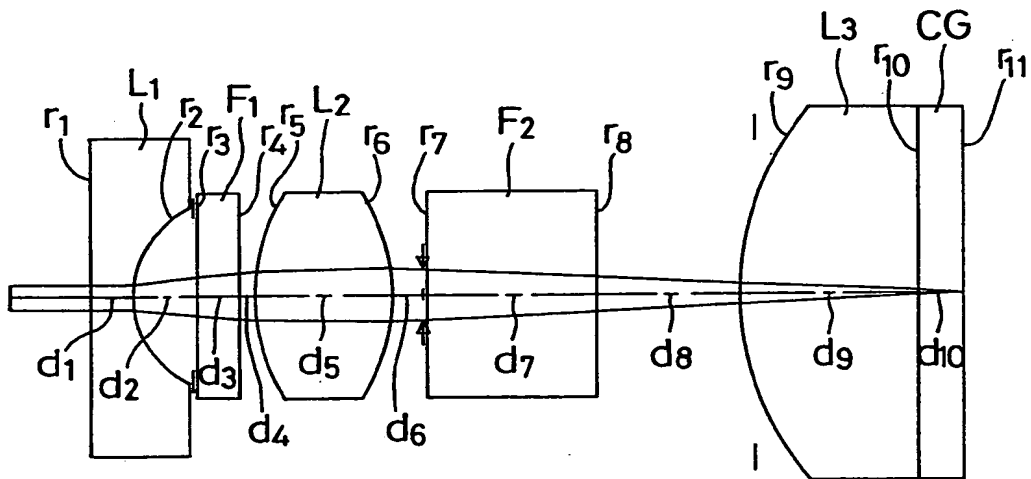
【図 2】



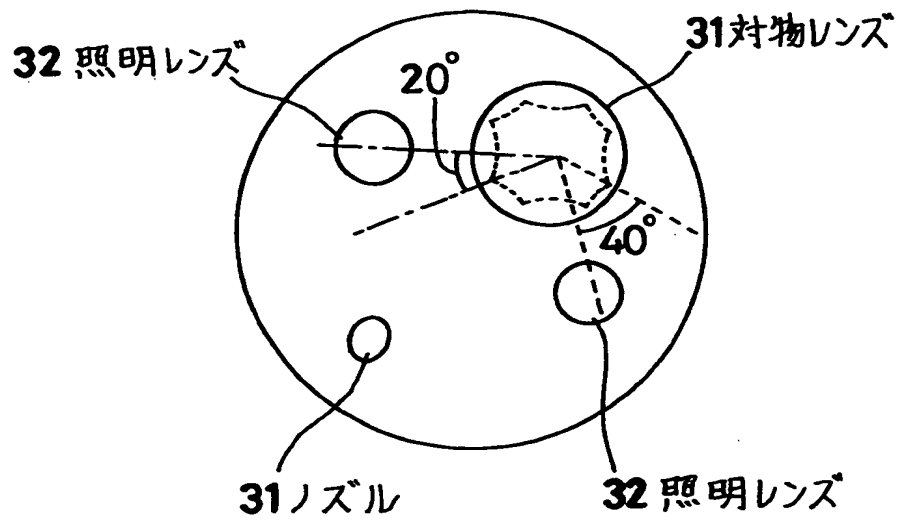
【図 3】



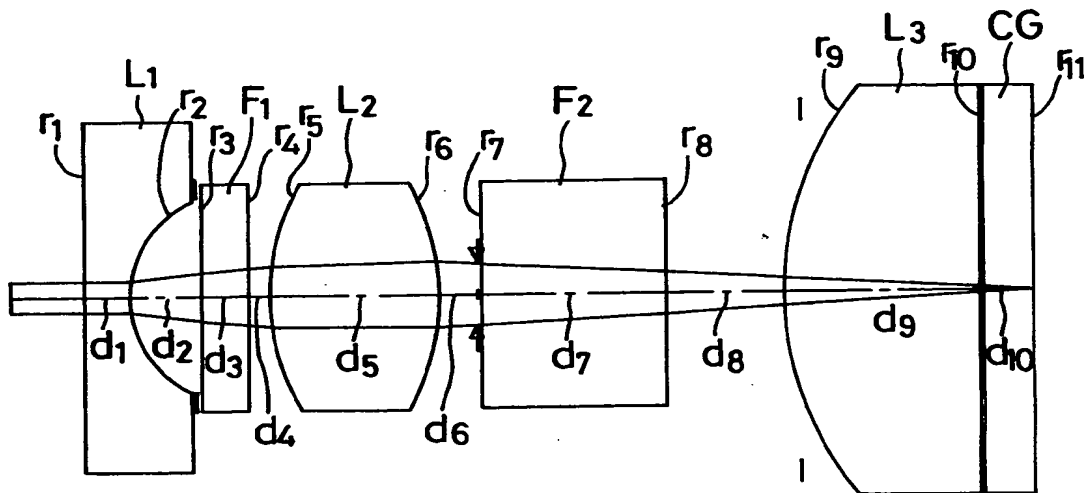
【図 4】



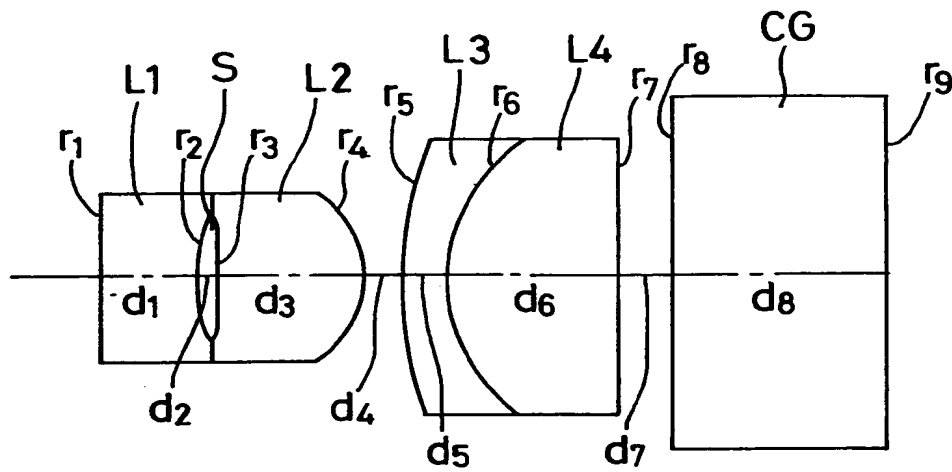
【図 5】



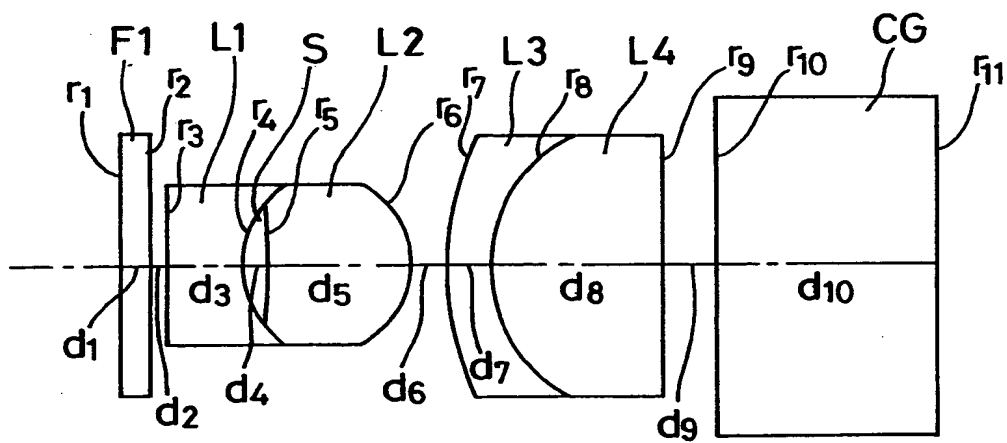
【図 6】



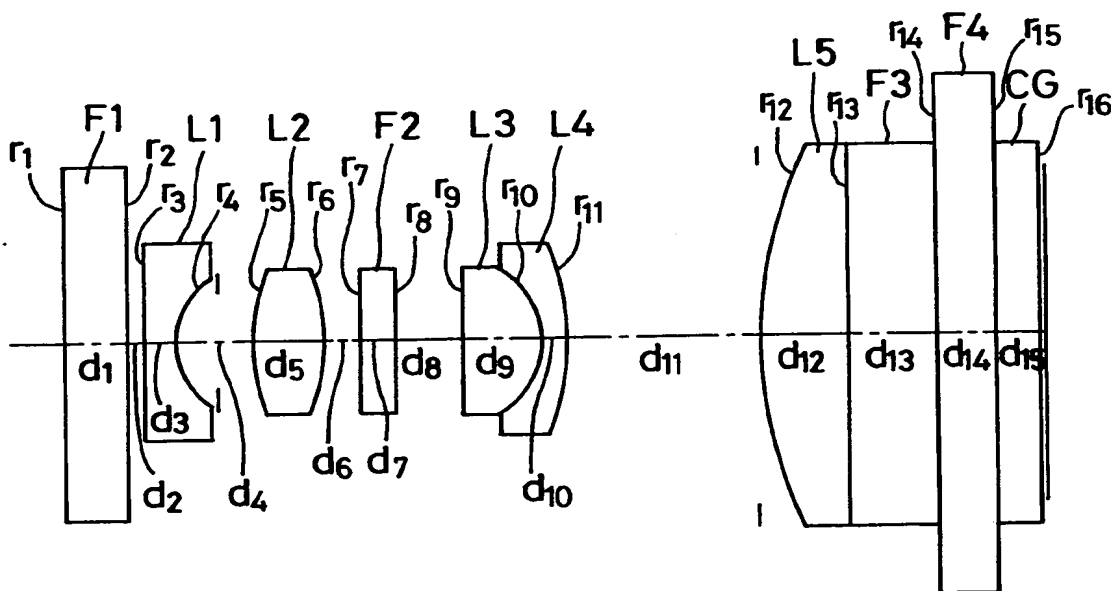
【図 7】



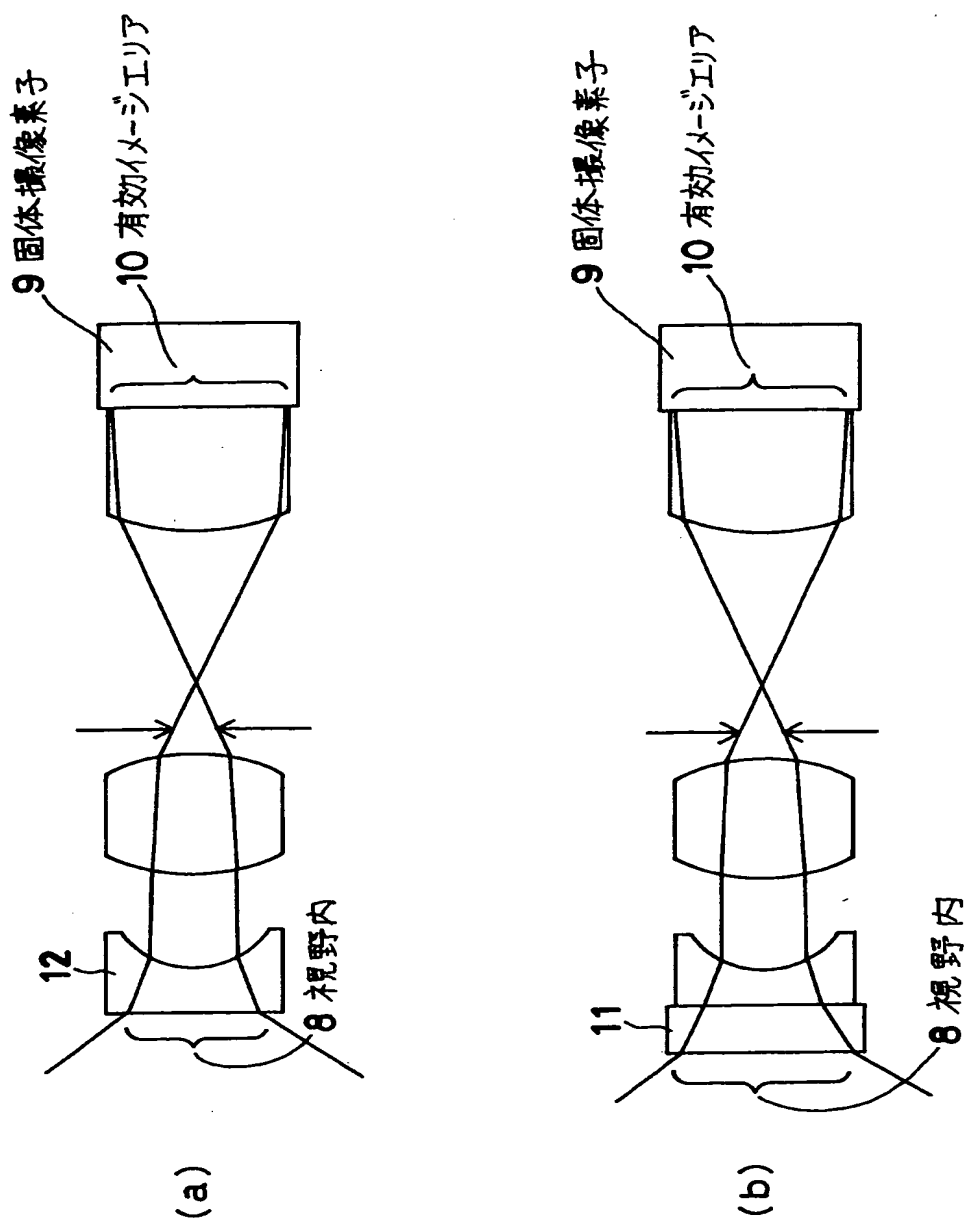
【図 8】



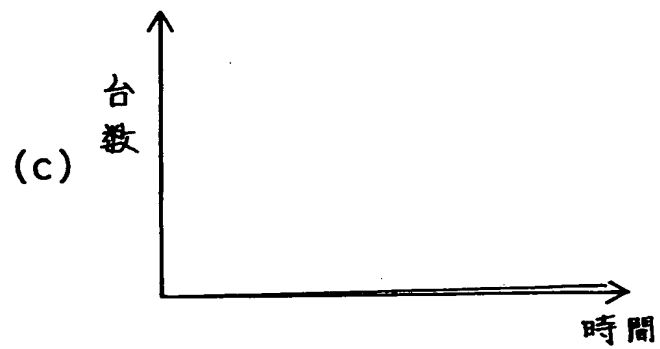
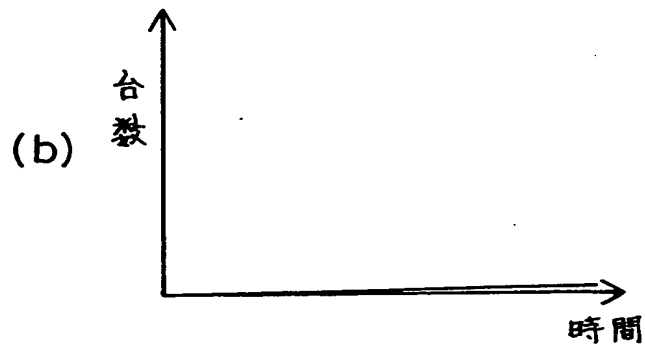
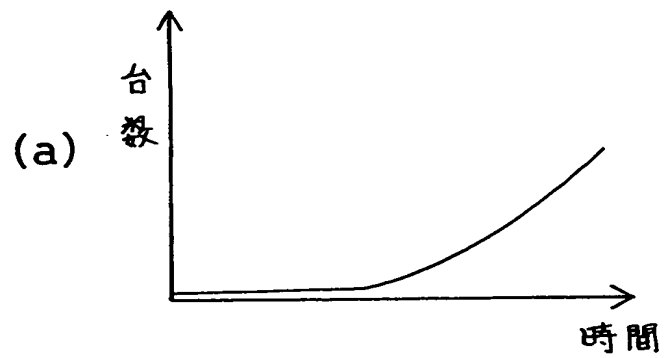
【図 9】



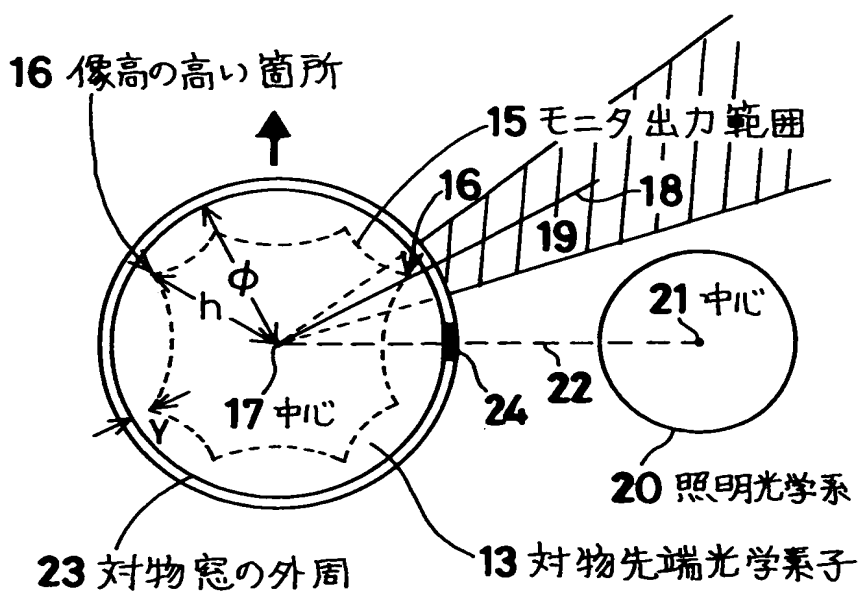
【図 1 0】



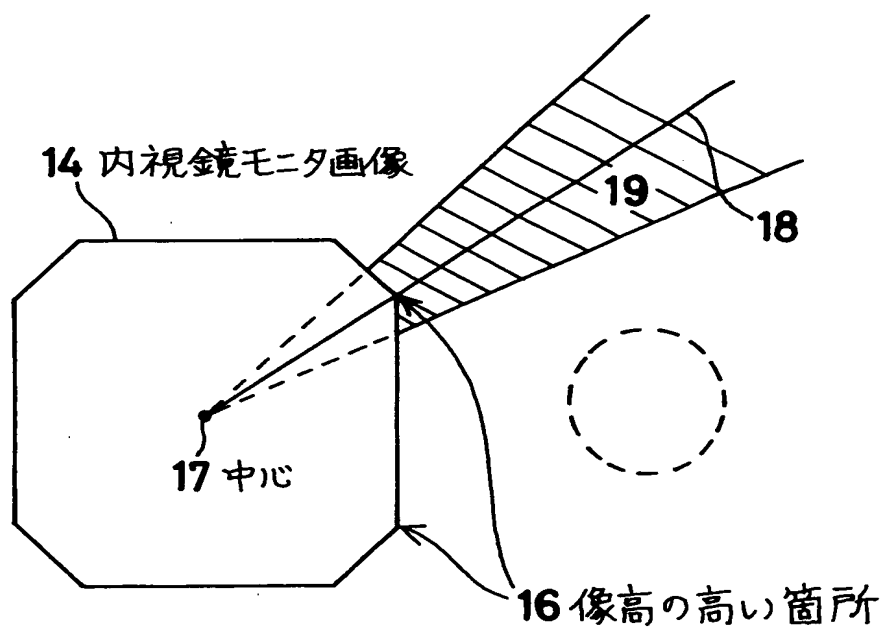
【図 1 1】



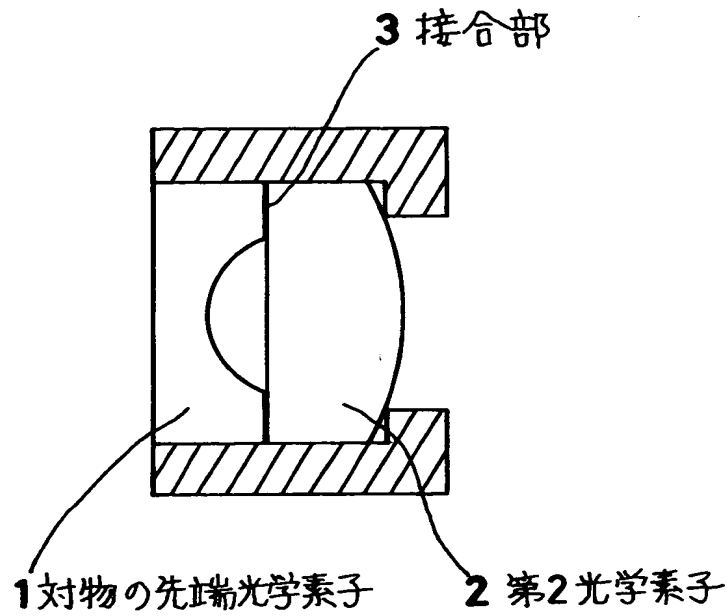
【図 12】



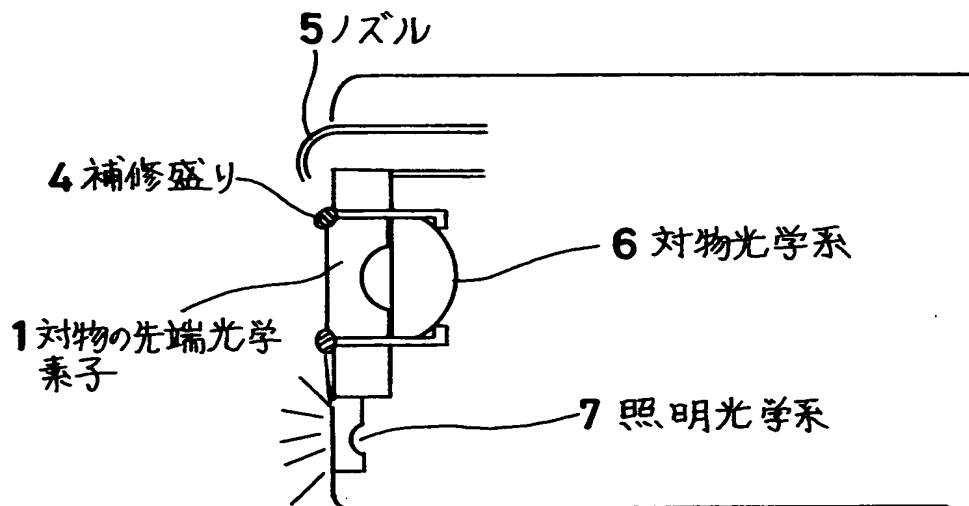
【图 13】



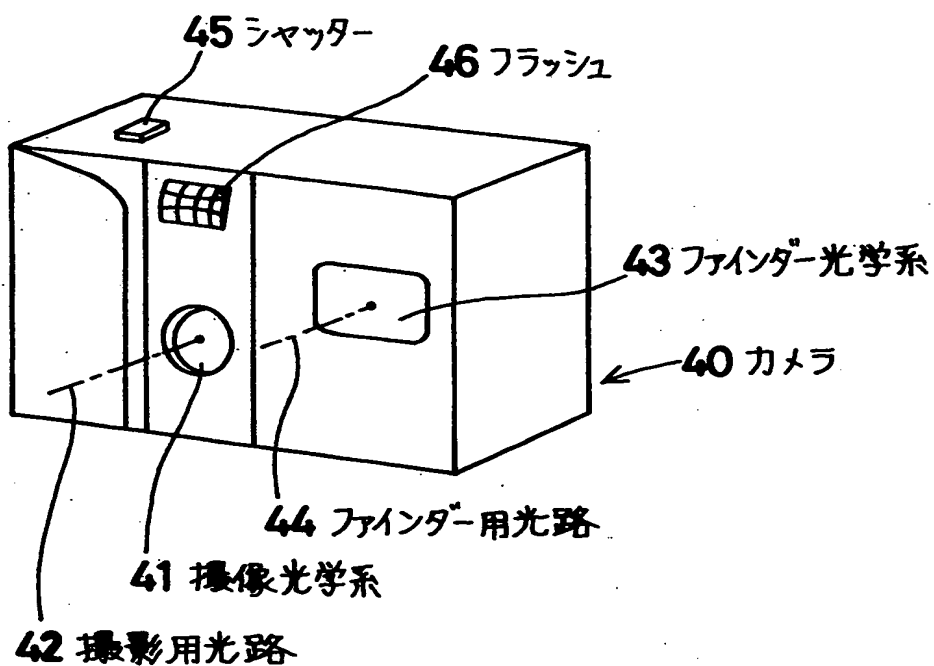
【図 1 4】



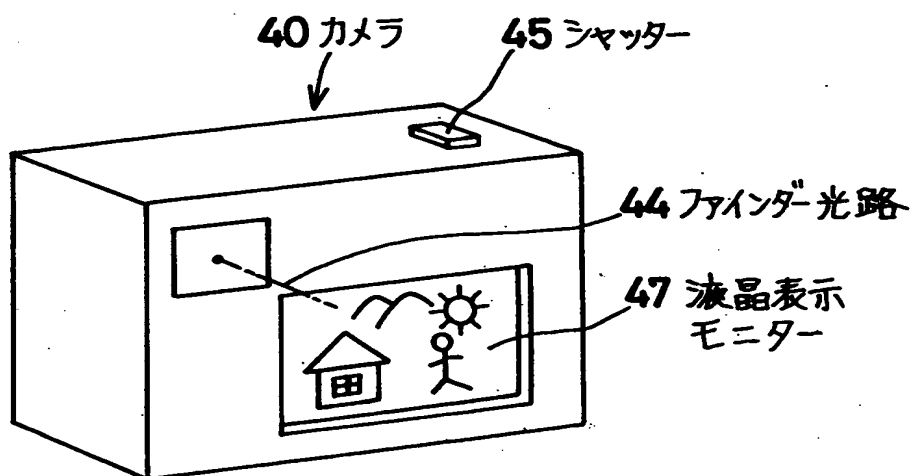
【図 1 5】



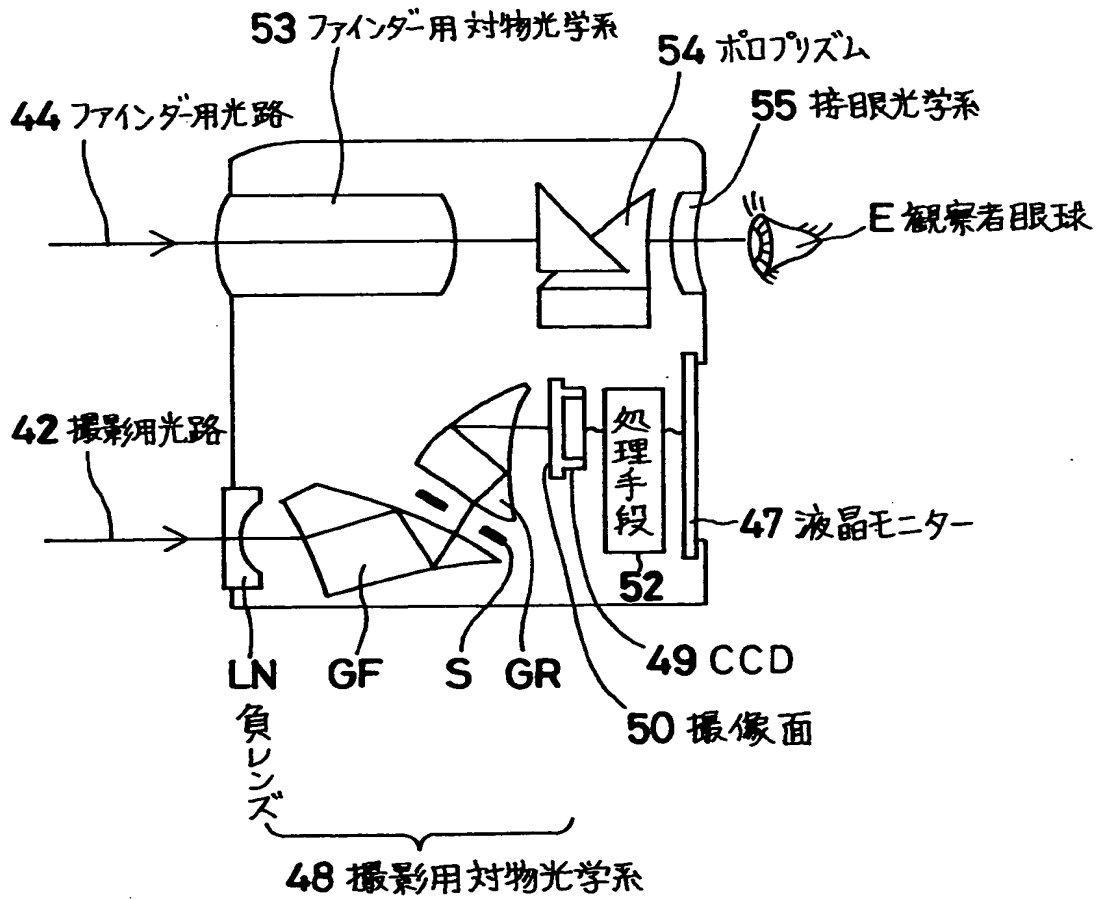
【図 1 6】



【図 1 7】



【図 1 8】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 固体撮像素子の画素ピッチの小型化に伴う高密度化や、焦点距離の短い光学系やFナンバーの大きい光学系における対物先端光学素子の従来の構成が原因となって画質が乱れるために、診断に支障をきたしていた従来の欠点を解消し、常に良好な内視鏡画像が得られる内視鏡光学系。

【解決手段】 モニタ走査線に対して水平方向の画素ピッチHと垂直方向の画素ピッチVの平均画素ピッチ $(H + V) / 2$ が $6 \mu m$ 以下の高密度固体撮像素子を用いた撮像装置の撮影光学系において、対物光学系の最も物体側の光学素子F1としてヌープ硬さが800以上の材質を用いたことを特徴とする撮影光学系。

【選択図】 図1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [0 0 0 0 0 0 3 7 6]

1. 変更年月日 1 9 9 0 年 8 月 2 0 日
[変更理由] 新規登録
住 所 東京都渋谷区幡ヶ谷 2 丁目 4 3 番 2 号
氏 名 オリンパス光学工業株式会社

THIS PAGE BLANK (USPTO)